第39卷 第3期　　昆 虫 学 报　　Vol.39, No.3
1996年 8 月　　ACTA ENTOMOLOGICA SINICA　　Aug., 1996

棉铃虫对氰戊菊酯抗性品系和敏感品系的相对适合度

吴益东　　沈晋良　　谭福杰　　尤子平

（南京农业大学植物保护学系　南京　210095）

摘要　通过构建棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner) 对氰戊菊酯抗性品系(Fen－R)和敏感品系(S)的实验种群生命表，比较了一系列生长发育和繁殖特征，并用净增殖率(R_0)来确定两个品系的相对适合度。结果表明，Fen－R 品系与敏感品系相比具有一定程度的繁殖不利性，包括雌蛾交配率降低，每头雌蛾的平均产卵量减少以及较低的卵孵化率；没有观察到 Fen－R 品系在生长发育上的不利性。Fen－R 品系相对于敏感品系具有 0.69 的适合度。

关键词　棉铃虫，氰戊菊酯，抗药性，相对适合度

在昆虫自然种群中抗性等位基因(R allele)的频率是很低的，根据突变－平衡理论估算大约是 10^{-2} ～ 10^{-13}[1,2]，在杀虫剂刚开始选择之前害虫通常不产生抗性，这表明在杀虫剂的选择压力不存在的情况下，抗性基因在自然选择中是不利的[3]。一般情况下，节肢动物的抗性品系与敏感品系相比具有较低的生殖力和较长的发育历期[1,4]。Georghiou 和 Taylor[1] 认为在无杀虫剂选择时，由于抗性基因在自然选择中的不利，使抗性水平下降，从而控制抗性发展的速度。抗性治理措施中通常采用的杀虫剂的暂时停用和轮用不同类别杀虫剂正是基于这种认识。因此评价抗性个体是否具有生长发育和繁殖不利性是非常重要的。而目前大多数害虫的相对适合度(relative fitness)研究主要集中于家蝇、蚊和贮粮害虫，在农业害虫上研究很少[5]。国内，唐振华等[6] 的研究结果表明抗马拉硫磷淡色库蚊 *Culex pipiens pallens* 纯合子和杂合子在无杀虫药剂时表现出繁殖不利性；吴孔明等[7] 对棉蚜 *Aphis gossypii* Glover 抗氰戊菊酯品系的研究结果表明抗性棉蚜的繁殖力并没有降低。本文试图证实棉铃虫 *Helicoverpa armigera* 对氰戊菊酯产生高水平抗性后与敏感品系相比是否具有适合度缺陷(fitness defect)。

1　材料和方法

1.1　供试昆虫

棉铃虫 Fen－R 品系和敏感品系(S)都是通过室内选育而得，Fen－R 品系与 S 品系相比对氰戊菊酯具有 2 000 多倍的抗性，两品系均在室内经 15 代饲养后进行研究，品系背景、选育过程及人工饲养见吴益东等[8]。

1994－06－13 收稿，1994－12－13 收修改稿

1.2 适合度比较

参照吴坤君等[9,10]的方法构建棉铃虫 Fen－R 品系和 S 品系的实验种群生命表。每个品系随机取 15 ～ 20 对成虫(性比 1∶1)置于养虫笼中饲养，重复 3 次，以 5% 糖水饲喂，相对湿度为 80% ～ 90%。逐日检查笼子并记录产卵量直到雌蛾全部死亡，计算每头雌蛾的平均产卵量。雌蛾死后，解剖检查精苞以确定是否交配，从而计算出交配率(交配率 = 交配过的雌蛾数/ 解剖的雌蛾数)。两品系各取同一天产的卵 200 粒作为一个处理，重复 3 次，孵化期间每天检查 2 次，除去未授精卵，计算孵化率。然后，随机挑取初孵幼虫 100 头，置于 $\Phi 2 \times 10$ cm 玻璃指形管中饲养，将每头逐一编号并逐日记载生长发育和死亡情况直至成虫羽化，在化蛹后两天分雌雄单个称重，并统计幼虫历期和蛹期(雌雄分开)。

净增殖力(R_0)按下列公式计算：

$$R_0 = \frac{N_{t+1}}{N_t}$$

其中 N_t 为棉铃虫种群起始个体数，N_{t+1} 为繁殖一代后种群个体数；然后，以敏感品系的 R_0 为除数，计算出抗性品系的相对适合度。

2 结果

幼虫历期、蛹期、蛹重、交配率、孵化率和每头雌蛾平均产卵量是衡量棉铃虫生物学特性的重要指标。表 1 的结果表明 Fen－R 品系与 S 品系相比，在幼虫历期、蛹历期、蛹重等生长发育特性方面没有明显差异，而抗性品系的交配率、孵化率和每头雌蛾的平均产卵量分别比敏感品系的交配率、孵化率和每头雌蛾的平均产卵量下降 19.3%、8.6% 及 22.3%。这表明抗性品系存在一定程度的繁殖不利性。

表 1 棉铃虫 Fen－R 品系和 S 品系的生长发育与繁殖特征比较

生物学特征	品系	
	Fen－R(M±SD)	S(M±SD)
幼虫期(d)	12.9±1.2	13.2±1.3
蛹期(d)		
♂	9.6±0.8	9.6±0.7
♀	8.6±0.4	8.4±0.6
蛹重(mg/ 头)		
♂	351.5±36.3	345.2±27.2
♀	327.4±36.7	324.6±31.6
交配率(%)	74.2±7.9*	91.9±2.4
孵化率(%)	85.9±1.9*	94.0±1.1
产卵量(粒/ ♀)	654.5±45.6*	842.4±58.7

注：带 * 表明两品系间差异显著(t 测验，$P<0.05$)

通过两品系实验种群生命表的构建，可以计算出 Fen－R 品系和 S 品系的净增殖率分别为 171.1 和 257.4(表2)，结果表明Fen－R 品系相对于S 品系具有0.69 的适合度。

表2 棉铃虫 Fen－R 品系和 S 品系实验种群世代生命表

发育阶段	S品系	Fen－R品系
初孵幼虫	100	100
初孵幼虫至3龄		
死亡率(%)	10.0	8.0
存活数量(头)	90	92
4龄至6龄		
死亡率(%)	8.9	9.8
存活数量(头)	82	83
预蛹期		
死亡率(%)	4.9	4.8
存活数量(头)	78	79
蛹期		
死亡率(%)	11.5	13.9
存活数量(头)	69	68
羽化阶段		
死亡率(%)	5.8	7.3
成虫数量(头)	65	63
雌蛾数(性比为1:1)	32.5	31.5
平均产卵量(粒/雌)	842.4	654.5
孵化率(%)	94.0	85.9
预计下代初孵幼虫数	25735.3	17709.8
R_0(净增殖率)	257.4	171.1
相对适合度	1.00	0.69

3 讨论

杀虫剂轮用和暂时停用作为抗性治理的措施是基于这样一种假设，即当某种杀虫剂停用后，由于抗性基因型个体适合度存在不利性，将导致抗性基因频率的下降[11~14]。如果抗性害虫不存在生物学不利性，杀虫剂抗药性治理策略中的轮用只能延缓抗性和争取时间，而不能长期使抗性治理策略获得成功[15,16]。已有研究表明对拟除虫菊酯抗性的烟芽夜蛾 *Heliothis virescens* 种群存在繁殖不利性[17~19]。Plapp 等[19]认为在抗性监测研究中生长季节早期由于不使用拟除虫菊酯，烟芽夜蛾抗性个体的繁殖不利性导致抗性水平的下降。McCutchen 等[18]也认为如果抗性个体不存在繁殖不利性，烟芽夜蛾对拟除虫菊酯的抗药性会变得比现在更严重。Forrester 等[20]报道棉铃虫对拟除虫菊酯抗性种群的幼虫虽具有较长发育历期，但与敏感种群相比并不存在生物学缺陷，也没有发现适应(coadaption)现象，他并且认为这些结果和目前澳大利亚棉铃虫对拟除虫菊酯抗药性仍

缓慢上升的现实相一致。但作者认为他只比较了棉铃虫对拟除虫菊酯抗性种群和敏感种群幼虫、预蛹和蛹的适合度，并没有比较成虫的产卵力、受精率和交配竞争，因此还不能断定抗性种群不存在生物学缺陷。 澳大利亚棉铃虫抗药性的缓慢上升可能与拟除虫菊酯的继续使用有关。本文研究的结果表明棉铃虫对氰戊菊酯抗性品系存在繁殖不利性，这对于抗性治理是有利的，也从理论上说明了拟除虫菊酯类杀虫剂暂时停用以及与不同类别杀虫剂轮换交替使用作为棉铃虫抗性治理策略的具体措施是切实可行的。

参 考 文 献

1 Georghiou G P, Taylor C E. Genetic and biological influences in the evolution of insecticide resistance. J. Econ. Entomol., 1977, **70**: 319 ~ 323

2 Whitten M J, McKenzie J A. The genetic basis for pesticide resistance. In: Lee K E ed. Proc. 3rd. Aust. Conf. Grassland Invertebrate Ecology. South Australia Govt. Printer, Adelaide, 1982, 1 ~ 16

3 Crow J F. Genetics of insect resistance. Ann Rev. Entomol. 1957, **2**: 227 ~ 246

4 Georghiou G P. The evolution of resistance to pesticides. Ann. Rev. Ecol. & Systematics, 1972, **3**: 133 ~ 168

5 Argentine J A. Clark J M. Relative fitness of insecticide resistant *Colorado potato* beetle strains (Coleoptera: Chrysomelidae). Environ. Entomol., 1989, **18**(4): 705 ~ 710

6 唐振华，韩罗珍，张朝远. 抗马拉硫磷淡色库蚊不同基因型的自然内禀增长率及其对抗性演化的影响. 昆虫学报，1990, **33**(4): 385 ~ 392

7 吴孔明，刘芹轩. 棉蚜抗杀灭菊酯品系的某些生物学特性. 昆虫学报，1994, **37**(2): 137 ~ 144

8 吴益东，沈晋良，尤子平. 棉铃虫对氰戊菊酯抗性品系和敏感品系的选育. 昆虫学报，1994, **37**(2): 129 ~ 136

9 吴坤君，陈玉平，李明辉. 不同温度下的棉铃虫实验种群生命表. 昆虫学报，1978, **21**(4): 385 ~ 392

10 吴坤君，陈玉平，李明辉. 温度对棉铃虫实验种群生长的影响. 昆虫学报，1980, **23**(4): 358 ~ 363

11 Georghiou G P. Insecticide resistance and prospects for its management. Residue Reviews., 1980, **76**: 131 ~ 145

12 Georghiou G P. Management of resistance in arthropods. In: Georghiou G P, Saito T, eds. Pest Resistance to Pesticides. New York: Plenum Press, 1983, 769 ~ 792

13 Leeper J R, Roush R T *et al.* Preventing or managing resistance in arthropods. In: National Research Council ed. Pesticide Resistance: Strategies and Tactics for Management. Washington DC: National Academy Press. 1986. 335 ~ 346

14 Roush R T. McKenzie J A. Ecological genetics of insecticide and acaricide resistance. Ann. Rev. Entomol., 1987, **32**: 361 ~ 380

15 Plapp F W Jr, Frisbie R E *et al.* Monitoring for pyrethroid resistance in *Heliothis spp.* in Texas in 1988. Proc. of the Beltwide Cotton Production and Research Conference, Nashville, Tennessee, 1989, 347 ~ 348

16 Denholm I, Rowland M *et al.* Laboratory evaluation and empirical modeling of resisitance countering strategies. In: Green M B, LeBaron H M *et al.* eds. Managing Resistance to Agrochemicals. From Fundamental Research to Practical Strategies. Washington DC: American Chemical Society Symposium Series 421. 1990, 92 ~ 104

17 Campanhola C. Resistance to pyrethroid insecticides in the tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae). Ph.

D. thesis., Texas A&M University, College Station, 1988

18 McCutchen B F, Plapp F W Jr *et al*. Reproductive deficiencies associated with pyrethroid resistance in the tobacco budworm. In Proceedings of Beltwide Cotton Production Research Conference. Nashville, Tenn., Jan. 4 ~ 7, 1989. National Cotton Council of America, Memphis, Tenn., U.S.A., 1989, 364 ~ 366

19 Plapp F W Jr, Campanhola C *et al*. Management of pyrethroid-resistant tobacco budworms on cotton in the United States. In: Roush R T&Tabashnik B E eds. Pesticide Resistance in Arthropods, New York and London: Chapman & Hall, 1990, 237 ~ 260

20 Forrester N W, Cahill M *et al*. Management of pyrethroid and endosulfan resistance in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Australia. Bull. Entomol. Res. Sup. No. 1, 1993

RELATIVE FITNESS OF FENVALERATE RESISTANT AND SUSCEPTIBLE STRAINS OF *HELICOVERPA ARMIGERA* (HÜBNER)

Wu Yidong Shen Jinliang Tan Fujie You Ziping

(*Department of Plant Protection, Nanjing Agricultural University Nanjing* 210095)

Abstract The effects of fenvalerate resistance on fitness in *Helicoverpa armigera* (Hübner) were evaluated in terms of developmental and reproductive characteristics. Life tables of Fen-R strain (fenvalerate-resistant) and S strain (susceptible) were also constructed to determine relative fitness by net reproductive rate (R_0). The results indicated that Fen-R strain possessed reproductive disadvantages including percentage of females mated, lower mean number of eggs per female laid and decreased percentage of eggs hatching when compared with the S strain. No developmental defect of Fen-R strain was observed. The Fen-R strain was calculated to have a fitness value of 0.69 relative to the susceptible S strain.

Key words *Helicoverpa armigera* (Hübner), fenvalerate, resistance, relative fitness